

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 05 633.5

**Anmeldetag:** 11. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Minebea Co. Ltd., a Japanese Corporation,  
Tokio/JP

**Bezeichnung:** Hydrodynamisches Lager für einen Spindelmotor

**Priorität:** 3.12.2002 DE 102 56 449.3

**IPC:** H 02 K 7/08

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Faust

# BOEHMERT & BOEHMERT

## ANWALTSSOZIELTÄT

Boehmert & Boehmert - P.O.B. 15 03 08 - D-80043 München

Deutsches Patent- und Markenamt  
Zweibrückenstraße 12  
80297 München

DR.-ING. KARL BOEHMERT, PA (1899-1973)  
DIPLO.-ING. ALBERT BOEHMERT, PA (1902-1993)  
WILHELM J. H. STAHLBERG, RA, Bremen  
DR.-ING. WALTER HOORMANN, PA\*, Bremen  
DIPLO.-PHYS. DR. HEINZ GODDARD, PA\*, München  
DR.-ING. ROLAND LIESEGANG, PA\*, München  
WOLF-DIETER KUNTZE, RA, Bremen, Alicante  
DIPLO.-PHYS. ROBERT MÜNZER, PA (1913-1992)  
DR. LUDWIG KOUKER, RA, Bremen  
DR. (CHEM.) ANDREAS WINKLER, PA\*, Bremen  
MICHAELA HUTH-DIERIG, RA, München  
DIPLO.-PHYS. DR. MARION TONHARDT, PA\*, Düsseldorf  
DR. ANDREAS EBERT-WEIDENFELDER, RA, Bremen  
DIPLO.-ING. EVA LIESEGANG, PA\*, München  
DR. AXEL NORDEMANN, RA, Berlin  
DIPLO.-PHYS. DR. DOROTHEE WEBER-BRULS, PA\*, Frankfurt  
DIPLO.-PHYS. DR. STEFAN SCHOHE, PA\*, München  
DR.-ING. MATTHIAS FLEPP, PA\*, Bielefeld  
DR. MARTIN WITZ, RA, Düsseldorf  
DR. DETMAR SCHÄFER, RA, Bremen  
DR. JAN BERND NORDEMANN, LL.M., RA, Berlin  
DR. CHRISTIAN CZYCHOWSKI, RA, Berlin  
DR. CARL-RICHARD HAARMANN, RA, München  
DIPLO.-PHYS. CHRISTIAN W. APPELT, PA\*, München

PROF. DR. WILHELM NORDEMANN, RA, Potsdam  
DIPLO.-PHYS. EDUARD BAUMANN, PA\*, Hohenkirchen  
DR.-ING. GERALD KLOPPSCH, PA\*, Düsseldorf  
DIPLO.-ING. HANS W. GROENING, PA\*, München  
DIPLO.-ING. SIEGFRIED SCHIRMER, PA\*, Bielefeld  
DIPLO.-PHYS. LORENZ HANWINKEL, PA\*, Paderborn  
DIPLO.-ING. ANTON FRIEDRICH RIEDERER V. PAAR, PA\*, Landshut  
DIPLO.-ING. DR. JAN TONNIES, PA, RA, Kiel  
DIPLO.-PHYS. CHRISTIAN BIEHL, PA\*, Kiel  
DIPLO.-PHYS. DR.-ING. UWE MANASSE, PA\*, Bremen  
DIPLO.-PHYS. DR. THOMAS L. BITTNER, PA\*, Berlin  
DR. VOLKER SCHMITZ, M. Juris (Oxford), RA, München, Paris  
DR. ANKE NORDEMANN-SCHIEFFEL, RA\*, Potsdam  
DIPLO.-BIOL. DR. JAN B. KRAUSS, PA\*, Berlin  
DR. KLAUS TIM BROCKER, RA, Berlin  
DR. ANDREAS DUSTMANN, LL.M., RA, Potsdam  
DIPLO.-ING. NILS T. F. SCHMID, PA\*, München, Paris  
DR. FLORIAN SCHWAB, LL.M., RA\*, München  
DIPLO.-BIOCHEM. DR. MARKUS ENGELHARD, PA, München  
DIPLO.-CHEM. DR. KARL-HEINZ B. METTEN, PA\*, Frankfurt  
DIPLO.-ING. DR. STEFAN TARUTTI, PA, Düsseldorf  
PASCAL DECKER, RA, Berlin  
DIPLO.-CHEM. DR. VOLKER SCHOLZ, PA, Bremen  
DIPLO.-CHEM. DR. JÖRK ZWIECKER, PA, München  
DR. CHRISTIAN MEISSNER, RA, München

In Zusammenarbeit mit/in cooperation with  
DIPLO.-CHEM. DR. HANS ULRICH MAY, PA\*, München

PA - Patentanwalt/Patent Attorney  
RA - Rechtsanwalt/Attorney at Law  
\* - European Patent Attorney  
D - Maître en Droit  
D - Licencié en Droit  
D - Diplôme d'Etudes Approfondies en Conception de Produits et Innovation  
Alle zugelassen zur Vertretung vor dem Europäischen Markenamt, Alicante  
Professional Representation at the Community Trademark Office, Alicante

Ihr Zeichen  
Your ref.

Ihr Schreiben  
Your letter of

Unser Zeichen  
Our ref.

München,

Neuanmeldung

M30275(L)

11. Februar 2003

Minebea Co., Ltd., a Japanese Corporation  
18F Arco Tower  
1-8-1 Shimo-Meguro  
Meguro-ku  
Tokyo 153 0064  
Japan

Hydrodynamisches Lager für einen Spindelmotor

10 Die Erfindung betrifft bürstenlose Gleichstrommotoren der Bauart, die als Spindelmotoren in Plattenlaufwerken verwendet werden, und insbesondere ein hydraulisches Lager für solche Spindelmotoren.

Plattenlaufwerk-Systeme wurden in Computern und anderen elektronischen Einrichtungen seit vielen Jahren zum Speichern digitaler Information verwendet. Information wird auf kon-

- 21.352 -

Pettenkofferstraße 20-22 - D-80336 München - P.O.B. 15 03 08 - D-80043 München - Telephon +49-89-559680 - Telefax +49-89-347010

MÜNCHEN - BREMEN - BERLIN - DÜSSELDORF - FRANKFURT - BIELEFELD - POTSDAM - KIEL - PADERBORN - LANDSHUT - HOHENKIRCHEN - ALICANTE - PARIS

<http://www.boehmert.de>

e-mail: [postmaster@boehmert.de](mailto:postmaster@boehmert.de)

zentrischen Speicherspuren einer magnetischen Platte aufgezeichnet, wobei die tatsächliche Information in Form magnetischer Übergänge in dem Plattenmedium gespeichert ist. Die Platten selbst sind drehbar auf einer motorisch angetriebenen Spindel montiert, wobei auf die Information mittels Wandlern zugegriffen wird, die auf einem Schwenkarm sitzen, der sich radial über die Oberfläche der Platte bewegt. Um einen fehlerfreien Informationsaustausch zu gewährleisten, müssen die Schreibe-/Leseköpfe oder Wandler exakt zu den Speicherspuren auf der Platte ausgerichtet sein. Voraussetzung für einen sicheren Datentransfer ist also eine stabile und präzise Drehlagerung der Spindel.

In bürstenlosen Gleichstrommotoren der beschriebenen Bauart, die als Spindelmotoren in Plattenlaufwerken eingesetzt werden, ist die angetriebene Spindel nach dem Stand der Technik traditionell mit Wälzlager drehgelagert. Laufgenauigkeit und Präzision werden dadurch erreicht, daß die Lager spielfrei verspannt eingebaut werden. Außerdem kommen Wälzkörper und Lagerringe mit eingengten Abmessungstoleranzen zum Einsatz. Systembedingte Nachteile, wie störende Abrollgeräusche und eingeschränkte Stoßfestigkeit, wurden bislang billigend in Kauf genommen.

Fluidlager oder hydrodynamische Lager stellen eine erhebliche Verbesserung gegenüber herkömmlichen Kugellagern in Spindelmotoren dar. Bei diesem Lagerprinzip dient ein Schmierfluid – Gas oder Flüssigkeit – zur Trennung der Lagerflächen zwischen einer feststehenden Basis oder Gehäuse und der drehenden Spindel oder Nabe des Motors. Flüssige Schmiermittel umfassen z.B. Öl, komplexere ferromagnetische Fluide oder sogar Luft wurden in hydrodynamischen Lagersystemen eingesetzt.

Hydrodynamische Lager haben gegenüber Kugellagern den Vorteil verbesserter Laufgenauigkeit höherer Stoßfestigkeit und geringerer Geräuschentwicklung.

Spindelmotoren für Datenträgerplatten, bei denen eine mit einem Rotor fest verbundene Motorwelle über ein hydrodynamisches Lagersystem gelagert ist, sind im Stand der Technik bekannt. Ein hydrodynamisches Lagersystem gemäß dem Stand der Technik besteht z.B. aus einer Lagerbuchse, die einseitig von einer Gegenplatte geschlossen sein kann. Innerhalb der Lagerbuchse befindet sich eine Motorwelle, die von einem Fluid, vorzugsweise einem Öl, umgeben ist. An der Innenfläche der Lagerbuchse oder an der Außenfläche der Motorwelle

sind ein oder mehrere Rillenmuster vorgesehen, die zur Erzeugung eines hydrodynamischen Lagerdrucks dienen.

Es sind ferner hydrodynamische Lager mit axialem Spurkuppenlager in Niederleistungs-  
Spindelmotoren bekannt, bei denen die axialen Lagerkräfte in einer Richtung durch Abstüt-  
5 zung des Lagers im Drehpunkt an einer Gegenplatte aufgenommen werden und die axiale  
Gegenkraft magnetisch erzeugt wird, beispielsweise durch das Zusammenwirken von Rotor  
und Stator. Diese Arten von hydrodynamischen Lagern haben jedoch eine sehr geringe axiale  
Steifigkeit in einer Richtung, und ihre Verwendung beispielsweise in Festplattenlaufwerken  
ist problematisch, weil solche Anwendungen eine axiale Steifigkeit in beiden Axialrichtungen  
erfordern. Andererseits haben hydrodynamische Lager mit axialen Spurkuppenlagern den  
10 Vorteil eines sehr geringen Reibungsverlusts und somit einer geringen Leistungsaufnahme.

Ein Beispiel eines hydrodynamischen Lagers gemäß dem Stand der Technik, wie er oben be-  
schrieben ist, ist aus dem U.S. Patent 4,934,836 bekannt.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein hydrodynamisches Lager für einen Spindelmotor, ins-  
15 besondere zur Verwendung in einem Plattenlaufwerk, anzugeben, das mit geringer Verlustlei-  
stung und hohem Wirkungsgrad arbeitet und somit die Leistungsaufnahme des Spindelmotors  
insgesamt verringert. Gleichwohl soll das hydrodynamische Lager eine hohe radiale Steifig-  
keit im Betrieb sowie eine gute axiale Steifigkeit beim An- und Auslauf des Motors bereit-  
stellen.

20 Diese Aufgabe wird durch ein hydrodynamisches Lager mit den Merkmalen von Anspruch 1  
gelöst.

Das erfindungsgemäße Lager umfaßt eine Welle und eine Lagerbuchse, welche die Welle mit  
geringem radialen Abstand umgreift. An einem Stirnende der Lagerbuchse ist ein Widerlager  
vorgesehen, das mit der Lagerbuchse drehfest verbunden ist. Erfindungsgemäß ist vorgese-  
25 hen, daß die Welle an ihrem dem Widerlager zugewandten Stirnende eine Druckplatte oder  
eine konische oder konusähnliche Erweiterung aufweist, deren Breite in Richtung dieses Stir-

nendes der Welle zunimmt. Das konisch erweiterte Wellenende weist eine zur Drehachse der Welle schräg verlaufende Außenkontur auf, die in der entsprechend geformten Lagerbuchse aufgenommen ist. Erfindungsgemäß ist eine Rillenstruktur auf dem Außendurchmesser der Welle oder auf dem Innendurchmesser der die Welle umgreifenden Lagerbuchse ausgebildet, die ein hydrodynamisches Radiallager vorsieht. Die Rillenstruktur kann in einem gradlinigem Bereich der Welle oder im Bereich der Erweiterung der Welle ausgebildet sein. Dabei ist die Rillenstruktur derart geformt, daß sie einen Überdruck in dem unteren Bereich des Lagerfluids erzeugt, welches im Arbeitsspalt zwischen Welle und Lagerbuchse enthalten ist. Mit „Überdruck im unteren Bereich des Lagerfluids“ ist gemeint, daß in dem Lagerfluid ein Druck erzeugt wird, der vom offenen Ende der Lagerbuchse in Richtung des Widerlagers zunimmt, so daß der Druck des Lagerfluids im Bereich des Widerlagers größer ist als der Umgebungsdruck. Der Überdruck resultiert aus einem hydraulisch erzeugten Druck und einem strömungsbedingten (hydrodynamischen) Gegendruck. Dieser Überdruck bewirkt im Betrieb, daß die Welle von dem Widerlager weggedrückt wird und erzeugt somit eine axiale Lagerkraft, die im Stand der Technik durch andere Mittel, wie Spurkuppenlager oder magnetischen Zug oder Druck, realisiert wird.

Bei einem üblichen hydrodynamischen axialen Drucklager wird ein strömungsbedingter, hydrodynamischer Lagerdruck erzeugt, der eine Rillenstruktur an dem Stirnende der Welle bzw. einer dort angeordneten Druckplatte oder der gegenüberliegenden Gegenplatte sowie einen relativ engen Spalt zwischen Stirnende und Gegenplatte erfordert. Dadurch entstehen hohe Energieverluste. Zur Verringerung der Energieaufnahme wurden im Stand der Technik daher Alternativen zu hydrodynamischen Axiallagern vorgeschlagen, wie die oben genannten Spurkuppenlager oder die Ausnutzung von magnetischem Zug oder Druck. Diese alternativen Lager erfordern jedoch sehr präzise Fertigungstoleranzen. Beispielsweise bei der magnetischen Vorspannung eines Lagers muß beachtet werden, daß die Magnetkräfte mit zunehmendem Abstand quadratisch abnehmen. Das Vorsehen eines Spurkuppenlagers beruht darauf, daß an dem Stirnende der Welle keiner oder nur ein minimaler Spalt vorgesehen ist. Bei beiden Lagerarten muß daher der axiale Lagerspalt mit minimalen Toleranzen konzipiert werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Lager beruht dagegen die Erzeugung der axialen Kraft auf einem hydraulisch erzeugten Druck, der unabhängig von dem axialen Abstand oder der Spaltbreite zwischen dem Stirnende der Welle und dem Widerlager ist. Die durch den Überdruck erzeugte Kraft ergibt sich nämlich aus der Größe des Drucks mal der Fläche, auf welche dieser Druck wirkt.

Im Bereich der Druckplatte oder der konischen Erweiterung der Welle, die in radialer Richtung von der Welle absteht, heben sich die von dem Überdruck in axialer Richtung erzeugten Kräfte auf. Im Bereich des Stirnendes der Welle herrscht jedoch ein Überdruck, der größer ist als der Umgebungsdruck. Es wirkt auf das Stirnende der Welle eine Kraft  $F$ , die wie folgt ausgedrückt werden kann:

$$F = (\text{Überdruck} - \text{Umgebungsdruck}) * \text{Fläche des Stirnendes der Welle}$$

Diese Kraft  $F$  bewirkt, daß die Welle im Betrieb von dem Widerlager weggedrückt wird. Die Kraft  $F$  ist, wie oben erwähnt, unabhängig von der Spaltbreite zwischen Widerlager und Stirnende der Welle. Das Lager kann somit mit einem relativ großen Spalt im Bereich des Stirnendes der Welle ausgelegt werden, wodurch die Reibungsverluste des Lagers minimiert werden und sogar gegen Null gehen. Ferner erlaubt die erfindungsgemäße Bauweise, die Anforderungen an die Bautoleranzen für die Auslegung des hydrodynamischen Lagers zu lockern. Schließlich ist es bei dem erfindungsgemäßen Lager möglich, eine Welle mit relativ großem Durchmesser zu verwenden, ohne die Verlustleistung des Lagers zu vergrößern. In der Praxis wird man einen Kompromiß zwischen der Größe der Stirnfläche der Welle und der Differenz zwischen dem Überdruck und dem Umgebungsdruck finden, um eine ausreichende axiale Lagerkraft zu erzeugen.

Im Bereich des Stirnendes der Welle kann auf den Flächen der Druckplatte oder der konischen Erweiterung, welche dem Widerlager gegenüber liegen, zusätzlich ein axiales Drucklager durch Vorsehen einer entsprechenden Rillenstruktur ausgebildet werden. Die Rillenstruktur erzeugt beim Anlaufen und Abbremsen des Motors ein Druckpolster zur Bildung

eines axialen Drucklagers. Wenn im Betrieb durch die Rillenstruktur des Radiallagers, wie oben beschrieben, ein Überdruck entsteht, wird die Welle jedoch durch die dadurch erzeugten Kräfte von dem Widerlager abgehoben, wodurch sich der Spalt zwischen Welle und Widerlager derart vergrößert, daß das axiale Drucklager nicht mehr zur Wirkung kommt.

5 Das Vorsehen der konischen Erweiterung hat den zusätzlichen Vorteil, daß das dadurch gebildete hydrodynamische Lager eine radiale und eine zusätzliche axiale Lagerkomponente aufweist. Dadurch kann die axiale Steifigkeit des Lagers insgesamt weiter verbessert werden. Zusätzlich kann auf dem Außenumfang der konischen Erweiterung eine Rillenstruktur vorgesehen werden, die zur Lagerstabilität und dem Druckaufbau unter der Welle beiträgt.

10 Der Überdruck kann erfindungsgemäß dadurch erzeugt werden, daß beispielsweise eine näherungsweise bogen- oder sinusförmige Rillenstruktur auf dem Außendurchmesser der Welle oder dem Innendurchmesser der Lagerbuchse ausgebildet wird, wobei jeweils ein Ast der Sinuskurve, der von dem Widerlager abgewandt ist, länger ist als der andere Ast der Sinuskurve, welcher dem Widerlager zugewandt ist. Durch eine derartige Rillenstruktur entsteht eine  
15 Art Pumpwirkung, die den erforderlichen Überdruck des Lagerfluids im Arbeitsspalt des hydrodynamischen Lagers erzeugt. Abhängig vom Design der Rillenstruktur baut sich der Überdruck entlang der Länge der Welle, vom offenen Ende der Lagerbuchse in Richtung des Widerlagers stufenweise zunehmend auf.

20 Die Erfindung ist im folgenden anhand einer bevorzugten Ausführungsform mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren zeigen

Fig. 1 eine Schnittdarstellung durch einen Spindelmotor, der Ausgangspunkt für die vorliegende Erfindung bildet;

Fig. 2 eine Schnittdarstellung durch einen Spindelmotor gemäß der Erfindung;

Fig. 3 einen Schnitt durch einen Spindelmotor zur Erläuterung der Rillenstruktur;

Fig. 4 einen Schnitt durch einen Spindelmotor gemäß der Erfindung, in dem das in dem Motor herrschende Druckprofil schematisch gezeigt ist.

Der in Fig. 1 gezeigte Spindelmotor umfaßt einen Flansch oder eine Grundplatte 10 zur Befestigung an einem Plattenlaufwerk, das in der Figur nicht gezeigt wird. Der Flansch 10 ist drehfest mit einer Lagerbuchse 12 zur Lagerung einer Welle 14 verbunden. Ein Rotor 16 ist drehfest mit der Welle 14 verbunden und dreht relativ zu dem Flansch 10 und der Lagerbuchse 12. Ein Stator 18 ist mit dem Flansch 10 drehfest verbunden.

Der Rotor 16 umfaßt eine Nabe 20 und die Welle 14, welche koaxial an der Rotornabe befestigt ist. Ein Rotormagnet 22 ist mit der Innenseite einer Umfangswand der Rotornabe 20 verbunden, zum Beispiel mit dieser verpresst oder verklebt. Die Außenseite dieser Umfangswand der Rotornabe 20 ist so geformt, daß sie eine oder mehrere Magnetplatten (nicht gezeigt) halten kann.

Der Stator 18 umfaßt einen Kern 24 und Statorwicklung 26, die um den Kern 24 gewickelt sind. Stator 18 und Rotor 16 sind über einen konzentrischen Spalt 17 geringer Dicke, den Arbeitsluftspalt, zu einander beabstandet.

Die Lagerbuchse 12 ist einseitig durch eine Gegenplatte 30 verschlossen, die ein Widerlager für das umschlossene Ende 14' der Welle 14 bildet.

Auf das Stirnende 14' der Welle 14 ist eine Druckplatte 32 aufgepresst. Zwischen der Druckplatte 32 und dem durch die Gegenplatte 30 gebildeten Widerlager ist ein axiales Drucklager gebildet, wobei hierzu Rillen 34 auf der Oberfläche der Gegenplatte 30 ausgebildet sind. Ein oder mehrere Radiallager sind durch eine Rillenstruktur 36 gebildet, welche auf dem Außendurchmesser der Welle 14 oder dem die Welle 14 umschließenden Innendurchmesser der Lagerbuchse 12 vorgesehen sind. Im Betrieb wird durch die Rillenstruktur 36 zwischen der Welle 14 und der Lagerbuchse 12 ein radiales Drucklager gebildet. Die Rillenstruktur 34 ergibt ein axiales Drucklager zwischen der Gegenplatte 30 und der Druckplatte 32. Die Rillen-



struktur kann in Form von Sinuskurven, Spiralen, Fischgrätenmustern oder auf andere Weise ausgebildet sein.

Üblicherweise ist zwischen der gegenüberliegenden Stirnfläche der Druckplatte 32 und der korrespondierenden ringförmigen Stirnfläche der Lagerbuchse 12 ein zweites Drucklager mit einer zweiten Rillenstruktur 34' ausgebildet.

An dem von der Gegenplatte 30 abgewandten, offenen Stirnende 38 der Lagerbuchse 12 ist zwischen der Lagerbuchse 12 und der Welle 14 ein konischer Ringspalt 40 gebildet, der als eine sogenannte Kapillardichtung dient. Die Grundlagen solcher Kappillardichtung sind zum Beispiel in dem U.S. Patent Nr. 5,667,303 beschrieben. Der konische Freiraum bildet ein Ausdehnungsvolumen und Reservoir, das mit dem Lagerspalt 50 in Verbindung steht und in den das Lagerfluid aufsteigen kann, wenn der Fluidpegel bei zunehmender Temperatur ansteigt. Dadurch wird verhindert, das Lagerfluid aus der Lagerbuchse 12 austritt.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Spindelmotor entstehen im Bereich des axialen Drucklagers, das durch die Rillenstruktur 34 gebildet ist, im Betrieb relativ hohe Reibungsverluste, weil relativ große Flächen unter geringem gegenseitigen Abstand, also mit nur geringem Lager- oder Arbeitsspalt 33 zwischen diesen, gegeneinander drehen. Die Verluste, welche in einem Spindelmotor auf Grund eines solchen axialen Drucklagers erzeugt werden, betragen in etwa 50 % der gesamten Flüssigkeitsreibung dieses Motors. Ausgehend von der in Fig. 1 gezeigten Gestaltung ist es daher eine Aufgabe der Erfindung, die Reibungsverluste auf Grund des hydrodynamischen Lagers in dem Spindelmotor zu verringern.

Fig. 2 zeigt eine Schnittdarstellung durch ein Spindelmotor gemäß der Erfindung, wobei dieselben oder entsprechende Komponenten wie in Fig. 1 mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und nicht nochmals beschrieben sind.

Bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform weist die Welle 14 in der Nähe ihres der Gegenplatte 30 zugewandten Stirnendes 14' eine konische bzw. konusähnliche Erweiterung 42 auf.

Bei der gezeigten Ausführungsform besteht die Erweiterung 42 aus einem Doppelkonus. Die Erweiterung könnte jedoch auch vollständig konisch, birnenförmig, halbkugel- bzw. kugelförmig oder ähnlich gestaltet sein. Wichtig ist bei der Gestalt der Erweiterung 42 der Welle 14, daß diese so ausgebildet ist, daß sie sowohl radiale als auch axiale Lagerkräfte aufnimmt.

5 Das Vorsehen einer konischen Erweiterung hat den zusätzlichen Vorteil einer sehr guten Stoßfestigkeit des Lagers wegen der größeren Einpreßlänge zwischen Konus und Welle.

Bezüglich der möglichen Formen der Erweiterung 42 der Welle 14 wird ergänzend Bezug genommen auf die deutsche Patentanmeldung 102 39 886.0. Die Erfindung ist jedoch nicht auf eine Welle mit konischer oder konusähnlicher Erweiterung beschränkt. Sie ist in gleicher  
10 Weise auch anwendbar auf eine Welle mit einer üblichen Druckplatte, wie sie mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben wurde. Bei der Erfindung werden zwischen der Druckplatte und dem Widerlager jedoch nicht, wie mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben, ein hydrodynamisches axiales Drucklager gebildet, sondern es wird eine axiale hydraulische Kraft erzeugt, wie unten mit Bezug auf die konische Erweiterung beschrieben.

15 Wie bei der Ausführungsform der Fig. 1 kann in der Stirnseite der konischen Erweiterung 42 oder der gegenüberliegenden Gegenplatte 30 eine Rillenstruktur 34 zur Bildung eines axialen Drucklagers vorgesehen. Für die Realisierung des erfindungsgemäßen Spindelmotors ist dieses axiale Drucklager nicht entscheidend. Die Erfindung könnte auch ohne die Rillenstruktur 34 realisiert werden, für das Anlauf- und Bremsverhalten des Motors kann diese Rillenstruktur 34 jedoch vorteilhaft sein.

Erfindungsgemäß ist im Bereich des Außenumfangs 46 des geradlinigen Abschnittes der Welle 14 und bedarfsweise auch im Bereich des Außenumfangs 44 der konischen Erweiterung 42, entweder auf dem Außendurchmesser der Welle 14 oder auf dem Innendurchmesser der Lagerbuchse 12, eine Rillenstruktur (in der Figur nicht dargestellt) ausgebildet, die einen  
25 Überdruck im unteren Bereich des Lagerfluids 48 erzeugt, das sich in dem Spalt 50 zwischen Welle 14 und Lagerbuchse 12 befindet. Die Erzeugung eines Überdrucks durch die Rillen-

struktur wird dadurch erreicht, das die Rillenstruktur unsymmetrisch ausgebildet wird, wie im folgenden mit Bezug auf Fig. 3 noch erläutert sein wird.

Durch diesen Überdruck werden in dem hydrodynamischen Lager axiale Kräfte gemäß der Formel  $\text{Kraft} = \text{Druck} \times \text{Fläche}$  erzeugt. Im Bereich der Druckplatte oder der konischen Erweiterung 42 werden sich diese Kräfte in axialer Richtung aufheben, weil die in Richtung der Gegenplatte 30 erzeugte Kraft genauso groß sein wird wie die entgegengesetzt gerichtete Kraft. Im Bereich des Stirnendes 14' der Welle 14 wird jedoch durch den Überdruck eine Kraft erzeugt, welche die Welle 14 von der Gegenplatte 30 weg anhebt, so daß zwischen der konischen Erweiterung 42 und der Lagerbuchse 12 ein enger Spalt 56 und zwischen der Gegenplatte 30 der Welle 14 ein relativ großer Spalt 58 entstehen wird. Dem Überdruck steht nämlich an dem gegenüberliegenden Ende der Welle nur der Umgebungsdruck entgegen, welcher kleiner ist als der Überdruck.

Durch den relativ großen Spalt 58 zwischen der Gegenplatte 30 und der Welle 14 entsteht eine weitgehend verlustfreie Relativbewegung von Welle 14 und Gegenplatte 30 in diesem Bereich. Die Schräge der konischen Erweiterung 42 hat die Wirkung, das zwischen der konischen Erweiterung 42 und der Lagerbuchse 12 ein hydrodynamisches Lager mit einer relativ kleinen axialen und einer relativ großen radialen Komponente (abhängig von der Steigung) erzeugt wird. Da radiale Drucklager, abhängig vom Durchmesser der Welle und der Spaltbreite, grundsätzlich einen geringeren Energieverlust erzeugen als axiale Drucklager, ist das Lager mit der konischen Erweiterung 52 bezüglich der Verlustleistung günstiger als beispielsweise das in Fig. 1 gezeigte, aus einem Drucklagerpaar gebildete axiale Drucklager.

Im Betrieb wird sich schließlich ein Druckgleichgewicht einstellen, das einen konstanten Überdruck aufrecht erhält, um die Welle 14 mit der konischen Erweiterung 42 in konstanten Abstand zu der Druckplatte 30 zu halten. Durch geeignete Wahl des Wellendurchmessers sowie Dimensionierung der Rillenstruktur kann ein gewünschter Überdruck eingestellt werden.

In der Druckplatte oder der konischen Erweiterung 42 können, wie in Fig. 2 gezeigt, Ausgleichskanäle 49 vorgesehen sein, welche eine Strömung des Lagerfluids erlauben. Diese Ausgleichskanäle 49 sind für die Realisierung der Erfindung jedoch nicht notwendig und können auch weggelassen werden. Insbesondere wenn sich ergeben sollte, daß die Ausgleichskanäle 49 für den Druckaufbau im Lagerspalt 50 nachteilig sind, können diese auch entfallen.

Fig. 3 zeigt eine geschnittene Teilansicht eines Spindelmotors, der ähnlich wie in Fig. 1 aufgebaut ist. Die Darstellung der Fig. 3 dient zur Erläuterung eines Beispiels, wie die Rillenstruktur im Bereich der Welle konzipiert sein kann, um den gewünschten Überdruck in dem Lagerfluid zu erzeugen. Fig. 3 wird daher nur in bezug auf diese Rillenstruktur beschrieben. Die übrigen Teile der Fig. 3 sind für die Erfindung nicht relevant.

Fig. 3 zeigt eine Lagerbuchse 12, die eine Welle 14 mit geringem radialem Abstand umgreift, wobei ein Arbeitsspalt 50 zwischen Lagerbuchse 12 und Welle 14 gebildet ist. Ebenfalls in Fig. 3 zu sehen sind eine Gegenplatte 30, welche die Lagerbuchse 12 abschließt, sowie eine Druckplatte 32, welche die gleiche Funktion hat wie in Fig. 1. Die Welle 14 weist zwei Rillenstrukturen 52, 54 auf, wobei jede Rille in etwa in Form einer Parabel oder eines Teils einer Sinuskurve ausgebildet ist. Die von der Gegenplatte 30 abgewandten Zweige der parabel- oder sinusförmigen Rillenstruktur 54 sind länger als die der Gegenplatte 30 zugewandten Arme. Dadurch erzeugt die Rillenstruktur 54 im Betrieb eine Pumpwirkung, die einen Überdruck in dem im Lagerspalt 50 enthaltenen Lagerfluid erzeugt. Dieser Überdruck, der im gesamten Bereich des Lagerspaltes 50, 56, 58 unterhalb der Rillenstruktur 54 zwischen der Welle 14 und der Lagerbuchse 12, sowie zwischen der Druckplatte 32 und der Gegenplatte 30 in Fig. 3 herrscht, erzeugt gemäß dem Gesetz  $\text{Kraft} = \text{Druck} \times \text{Fläche}$  entsprechende radiale und axiale Komponente zerlegbare Kräfte in dem Lager. Der Fachmann wird verstehen, daß sich die auf die Welle 14 wirkenden radialen Kräfte aufheben. Ebenfalls haben sich die auf die Druckplatte 32 wirkenden axialen Kräfte auf. Zu der auf das Wellenende 14' der Welle 14 wirkenden axialen Kraft wird jedoch nur durch den Umgebungsdruck eine Gegenkraft erzeugt, so daß der Überdruck die Wirkung hat, daß die Welle 14 von der Gegenplatte 30 weg gedrückt wird. Dieser Effekt wird bei dem erfindungsgemäßen Lager ausgenutzt.

Fig. 4 zeigt eine Schnittdarstellung durch den erfindungsgemäßen Spindelmotor, wobei schematisch das Druckprofil eingezeichnet ist, das sich im Betrieb des Motors entlang der Länge der Welle 14 ergibt. Da Fig. 4 im übrigen mit Fig. 3 übereinstimmt, sind die verschiedenen Merkmale des Spindelmotors nicht nochmals im einzelnen beschrieben.

- 5 Wie mit Bezug auf Fig. 3 erläutert, hat die Rillenstruktur 54 im oberen Bereich der Welle 14, der auf der Abtriebsseite der Welle liegt, eine parabelförmige Gestalt mit unterschiedlich langen Zweigen. Die weiter außen liegenden Zweige der parabelförmigen Rillenstruktur 54 sind länger als die innen liegenden Zweige. Dadurch wird in dem Lagerfluid bei Rotation der Welle 14 eine Pumpwirkung erzeugt, die zu dem in Fig. 4 gezeigten Druckprofil P führt, wobei  
 10 bei der Druck des Lagerfluids an der Außenseite der Rillenstruktur 54  $P_0$  beträgt, der Druck zur Mitte der Rillenstruktur hin kontinuierlich zunimmt und bis zur Innenseite der Rillenstruktur 54 wieder auf den Wert  $P_1$  abfällt. Dieser Druck  $P_1$  herrscht auch im Bereich zwischen der Rillenstruktur 54 und der Rillenstruktur 52. Da die Rillenstruktur 52 symmetrisch ausgebildet ist, erzeugt sie zwar eine Druckerhöhung im Bereich der Rillenstruktur selbst, wie  
 15 das Druckprofil P zeigt, hat aber netto keinen Einfluß auf den im Lager herrschenden Gesamtdruck. Der Fluiddruck im Bereich des Stirnendes 14' der Welle 14 beträgt somit  $P_1$ .

Hieraus ergibt sich eine Kraft F, welche auf das Stirnende 14' der Welle 14 wirkt und die gegeben ist durch:

$$F = (P_1 - P_0) * \text{Grundfläche der Stirnfläche 14'}$$

- 20 Die Kraft F ist somit eine axiale Lagerkraft, die weitgehend verlustfrei erzeugt wird, wodurch die Leistungsaufnahme des Lagers insgesamt minimiert werden kann.

Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und den Figuren offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Realisierung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein.

### Bezugszeichenliste

- 10 Flansch oder Grundplatte
- 12 Lagerbuchse
- 14 Welle
- 14' Stirnende der Welle
- 16 Rotor
- 17 Arbeitsluftspalt
- 18 Stator
- 20 Nabe
- 22 Rotormagnet
- 24 Statorkern
- 26 Statorwicklung
- 28 Spalt
- 30 Gegenplatte
- 32 Druckplatte
- 33 Lager- oder Arbeitsspalt
- 34, 34' Rillenstruktur
- 36 Rillenstruktur
- 38 Stirnende
- 40 Ringspalt
- 42 Erweiterung der Welle
- 44 Außenumfang der konischen Erweiterung
- 46 Außenumfangs des geradlinigen Abschnitt

48	Lagerfluid
49	Fluidkanal
50	Lager- oder Arbeitsspalt
52	Rillenstruktur
54	Rillenstruktur
56,58	Spalt
P	Druckprofil
F	Lagerkraft

# BOEHMERT & BOEHMERT

## ANWALTSSOZIELTÄT

Boehmert & Boehmert · P.O.B. 15 03 08 · D-80043 München

Deutsches Patent- und Markenamt  
Zweibrückenstraße 12  
80297 München

DR.-ING. KARL BOEHMERT, PA (1909-1973)  
DIP.-ING. ALBERT BOEHMERT, PA (1902-1992)  
WILHELM J. H. STAHLBERG, RA, Bremen  
DR.-ING. WALTER HOORMANN, PA\*, Bremen  
DIP.-PHYS. DR. HEINZ GODDAR, PA\*, München  
DR.-ING. ROLAND LIESEGANG, PA\*, München  
WOLF-DIETER KUNTZE, RA, Bremen, Alicante  
DIP.-PHYS. ROBERT MÜNZHUBER, PA (1933-1992)  
DR. LUDWIG KOUKER, RA, Bremen  
DR. (CHEM.) ANDREAS WINKLER, PA\*, Bremen  
MICHAELA HUTH-DIERIG, RA, München  
DIP.-PHYS. DR. MARION TONHARDT, PA\*, Düsseldorf  
DR. ANDREAS EBERT-WEIDENFELDER, RA, Bremen  
DIP.-ING. EVA LIESEGANG, PA\*, München  
DR. AXEL NORDEMANN, RA, Berlin  
DIP.-PHYS. DR. DOROTHEE WEBER-BRÜLS, PA\*, Frankfurt  
DIP.-PHYS. DR. STEFAN SCHOHE, PA\*, München  
DR.-ING. MATTHIAS PHILIPP, PA\*, Bielefeld  
DR. MARTIN WITZ, RA, Düsseldorf  
DR. DETMAR SCHÄFER, RA, Bremen  
DR. JAN BERND NORDEMANN, LL.M., RA, Berlin  
DR. CHRISTIAN CZYCHOWSKI, RA, Berlin  
DR. CARL-RICHARD HAARMANN, RA, München  
DIP.-PHYS. CHRISTIAN W. AFFELT, PA\*, München

PROF. DR. WILHELM NORDEMANN, RA, Potsdam  
DIP.-PHYS. EDUARD BAUMANN, PA\*, Hohenkirchen  
DR.-ING. GERALD KLOPSCH, PA\*, Düsseldorf  
DIP.-ING. HANS W. GROENING, PA\*, München  
DIP.-ING. SIEGFRIED SCHIRMER, PA\*, Bielefeld  
DIP.-PHYS. LORENZ HANEWINKEL, PA\*, Paderborn  
DIP.-ING. ANTON REIDERER RIEDERER V. PAAR, PA\*, Landshut  
DIP.-ING. DR. JAN TONNIES, PA, RA, Kiel  
DIP.-PHYS. CHRISTIAN BIEHL, PA\*, Kiel  
DIP.-PHYS. DR.-ING. UWE MANASSE, PA\*, Bremen  
DIP.-PHYS. DR. THOMAS L. BITTNER, PA\*, Berlin  
DR. VOLKER SCHMITZ, M. Juris (Oxford), RA, München, Paris  
DR. ANKE NORDEMANN-SCHIFFEL, RA\*, Potsdam  
DIP.-BIOL. DR. JAN B. KRAUSS, PA\*, Berlin  
DR. KLAUS TIM BROCKER, RA, Berlin  
DR. ANDREAS DUSTMANN, LL.M., RA, Potsdam  
DIP.-ING. NILS T. F. SCHMIDT, PA\*, München, Paris  
DR. FLORIAN SCHWAB, LL.M., RA\*, München  
DIP.-BIOCHEM. DR. MARKUS ENGELHARD, PA, München  
DIP.-CHEM. DR. KARL-HEINZ B. METTEN, PA\*, Frankfurt  
DIP.-ING. DR. STEFAN TARUTTIS, PA, Düsseldorf  
PASCAL DECKER, RA, Berlin  
DIP.-CHEM. DR. VOLKER SCHOLZ, PA, Bremen  
DIP.-CHEM. DR. JÖRK ZWICKER, PA, München  
DR. CHRISTIAN MEISSNER, RA, München

In Zusammenarbeit mit/in cooperation with  
DIP.-CHEM. DR. HANS ULRICH MAY, PA\*, München

PA - Patentanwalt/Patent Attorney  
RA - Rechtsanwalt/Attorney at Law  
\* - European Patent Attorney  
o - Maître en Droit  
o - Licencié en Droit  
o - Diplôme d'Etudes Approfondies en Conception de Produits et Innovation  
Alle zugelassen zur Vertretung vor dem Europäischen Markenamt, Alicante  
Professional Representation at the Community Trademark Office, Alicante

Ihr Zeichen  
Your ref.

Ihr Schreiben  
Your letter of

Unser Zeichen  
Our ref.

München,

Neuanmeldung

M30275(L)

11. Februar 2003

Minebea Co., Ltd., a Japanese Corporation  
18F Arco Tower  
1-8-1 Shimo-Meguro  
Meguro-ku  
Tokyo 153 0064  
Japan

Hydrodynamisches Lager für einen Spindelmotor

### 10 Patentansprüche

1. Hydrodynamisches Lager für einen Elektromotor, insbesondere einen Spindelmotor, mit einer Welle (14) und einer Lagerbuchse (12), welche die Welle (14) mit geringem radialen Abstand umgreift, und einem Widerlager (30) an einem Stirnende der Lagerbuchse (12), das mit der Lagerbuchse (12) drehfest verbunden ist, wobei zwischen der Welle (14), der

- 21.358 -

Pettenkoferstraße 20-22 · D-80336 München · P.O.B. 15 03 08 · D-80043 München · Telefon +49-89-559680 · Telefax +49-89-347010

MÜNCHEN · BREMEN · BERLIN · DÜSSELDORF · FRANKFURT · BIELEFELD · POTSDAM · KIEL · PADERBORN · LANDSHUT · HOHENKIRCHEN · ALICANTE · PARIS

<http://www.boehmert.de>

e-mail: [postmaster@boehmert.de](mailto:postmaster@boehmert.de)



Lagerbuchse (12) und dem Widerlager (30) ein Lagerspalt (50) gebildet ist, der mit einem Lagerfluid gefüllt ist, und mit Mitteln zum Erzeugen eines Überdrucks in dem Lagerfluid im Bereich des Widerlagers (30), der größer als der Umgebungsdruck ist .

2. Hydrodynamisches Lager nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß die  
5 Mittel zum Erzeugen eines Überdrucks eine Rillenstruktur (36) umfassen, die auf dem Außendurchmesser der Welle (14) oder auf dem Innendurchmesser der die Welle (14) umgreifenden Lagerbuchse (12) ausgebildet ist.
3. Hydrodynamisches Lager nach Anspruch 2, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß die  
10 Rillenstruktur (36) mehrere näherungsweise bogenförmige Rillen aufweist, wobei jede bogenförmige Rille auf dem Außendurchmesser der Welle (14) oder dem Innendurchmesser der Lagerbuchse (12) so angeordnet ist, daß sie einen von dem Widerlager (30) abgewandten Ast und einen dem Widerlager (30) zugewandten Ast aufweist, wobei der von dem Widerlager (30) abgewandte Ast länger ist als der der Widerlager (30) zugewandte Ast.
- 15 4. Hydrodynamisches Lager nach Anspruch 2 oder 3, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, daß die Rillenstruktur (36) Teil eines hydrodynamischen Radiallagers ist.
5. Hydrodynamisches Lager nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n  
20 z e i c h n e t, daß bei dem dem Widerlager zugewandten Stirnende (14') der Welle (14) eine Druckplatte (32) auf die Welle (14) aufgebracht ist.
6. Hydrodynamisches Lager nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch g e k e n n z e i c h  
n e t, daß die Welle (14) an ihrem dem Widerlager (30) zugewandten Stirnende (14') eine konische oder konusähnliche Durchmessererweiterung (42) aufweist, deren Breite in Richtung des Stirnendes (14') der Welle (14) zunimmt.

7. Hydrodynamisches Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die konische oder konusähnliche Erweiterung (42) einen Doppelkonus aufweist.

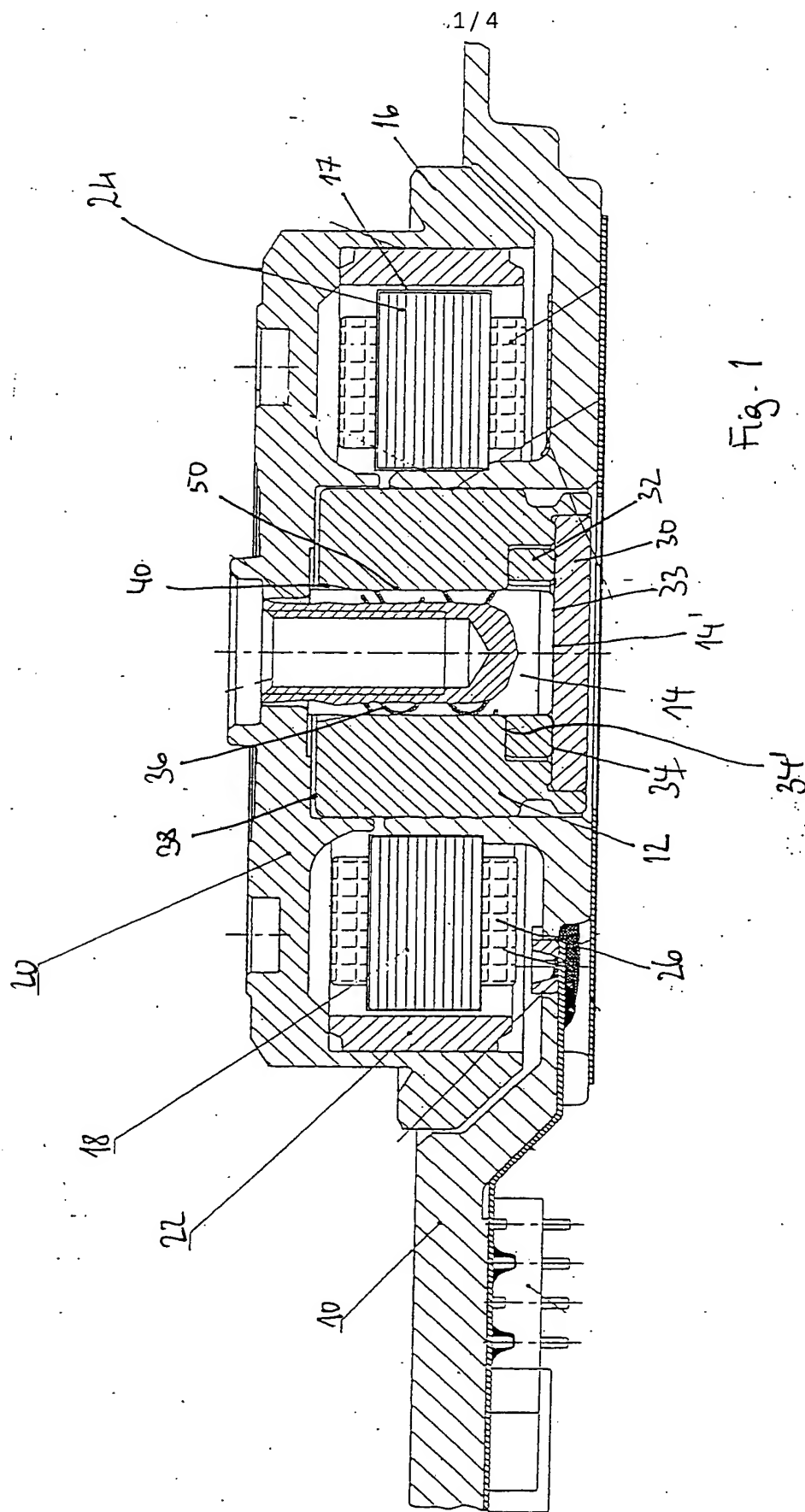
8. Hydrodynamisches Lager nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die konische oder konusähnliche Erweiterung (42) ein auf die Welle (14) aufgebrachtes Bauteil ist, das mit dem Stirnende (14') der Welle (14) bündig abschließt.

9. Hydrodynamisches Lager nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Druckplatte (32) bzw. der konischen oder konusähnlichen Erweiterung (42) Kanäle (49) für die Zirkulation des Lagerfluids ausgebildet sind.

10. Hydrodynamisches Lager nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Bereich des Widerlagers (30) eine Rillenstruktur (34) ausgebildet ist.

### **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein hydrodynamisches Lager für einen Elektromotor, insbesondere einen Spindelmotor, mit einer Welle und einer Lagerbuchse, welche die Welle mit geringem radialen Abstand umgreift, und einem Widerlager an einem Stirnende der Lagerbuchse, das mit der Lagerbuchse drehfest verbunden ist, wobei die Welle an ihrem dem Widerlager zugewandten Stirnende eine Druckplatte oder eine konische oder konusähnliche Durchmessererweiterung aufweist, deren Breite in Richtung des Stirnendes der Welle zunimmt, und wobei ein zwischen der Welle und der Lagerbuchse gebildeter Lagerspalt mit einem Lagerfluid gefüllt ist, und mit Mitteln zum Erzeugen eines Überdrucks in dem Lagerfluid.



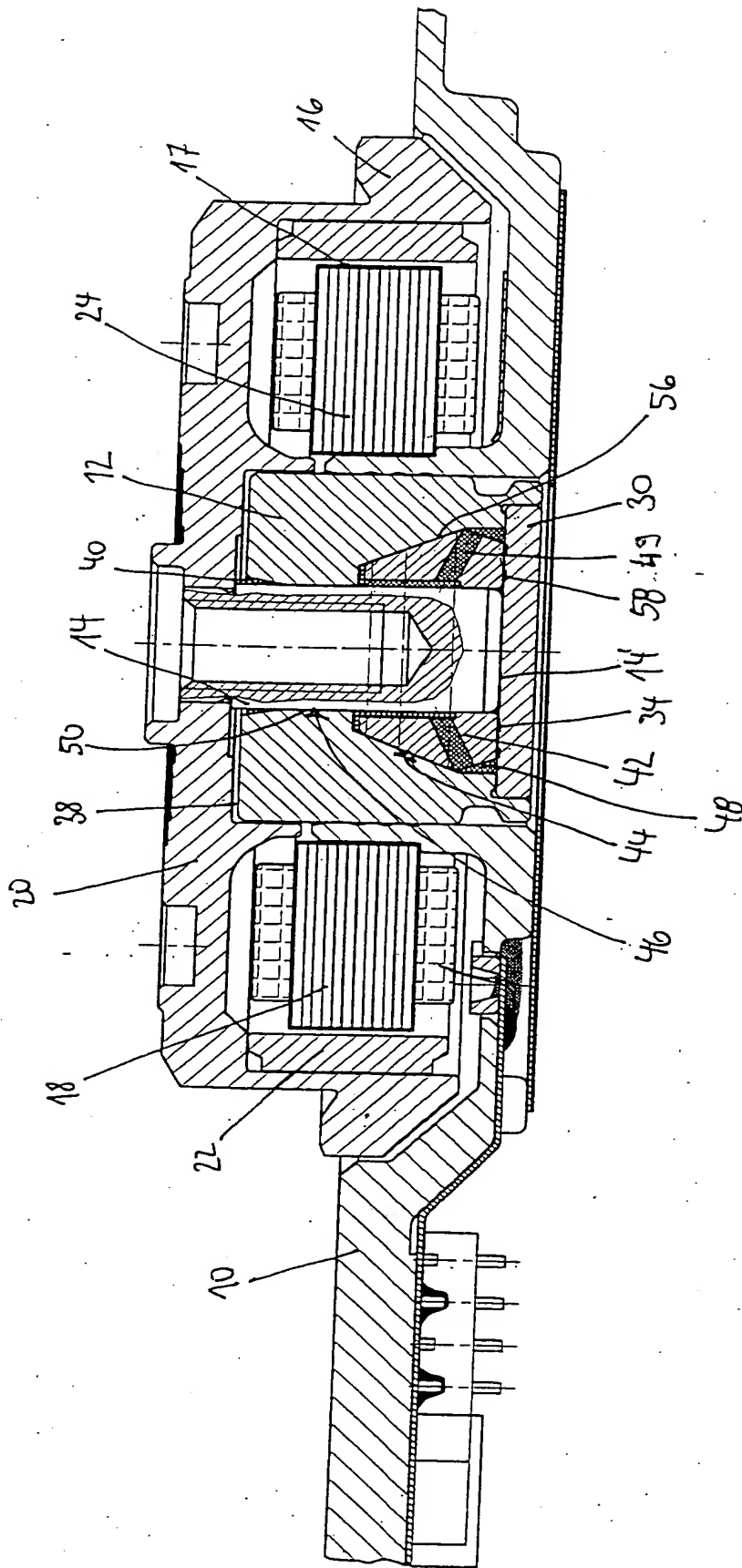


Fig. 2

